



# **EL HIDROGENO, UNA FUENTE ALTERNATIVA DE ENERGÍA**

**Víctor Navarro Fuster**

# Introducción

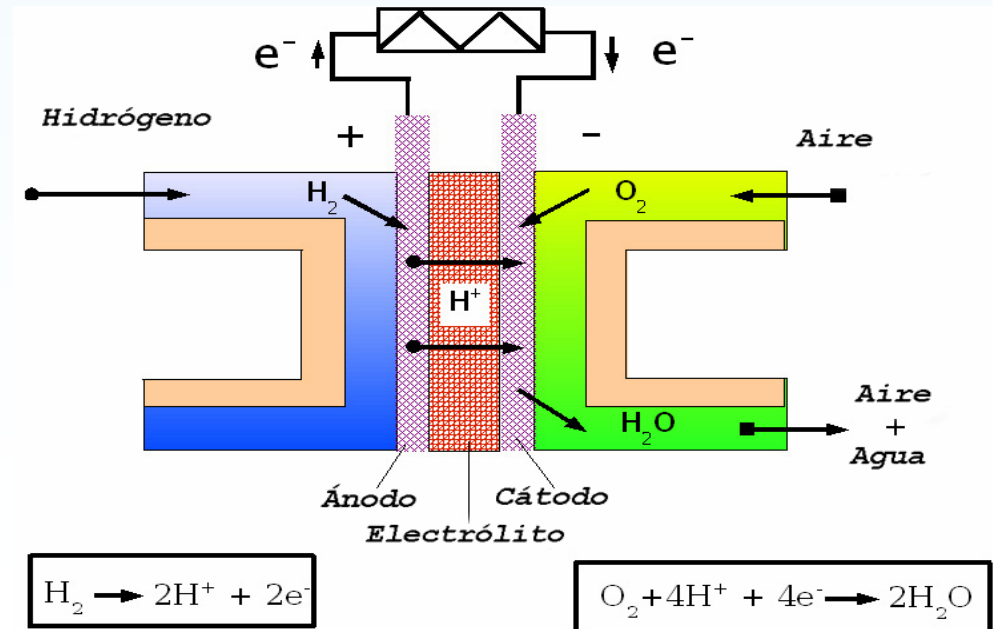
## Hidrógeno y desarrollo sostenible

### VENTAJAS

- Eficacia  
Consumo para 400 km  $\swarrow$  Motores de combustión: 8 kg  
 $\searrow$  Pilas de combustible: 4 kg (44.8 m<sup>3</sup>)
- Combustión limpia

### INCONVENIENTES

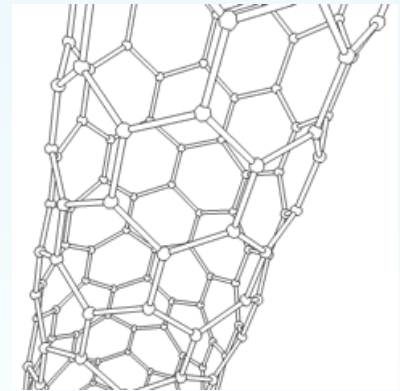
- Tecnología
- Coste



# Introducción

## Solución: Nanotubos de carbono

- El carbono es uno de los mejores adsorbentes
  - capas muy porosas y finas
  - interacciones entre las moléculas de gas y carbono
- Poco tiempo de adsorción y desorción
- Algunos experimentos parecen indicar una gran capacidad de almacenamiento: ~10% en peso (objetivo del DOE: 6.5 % en peso)

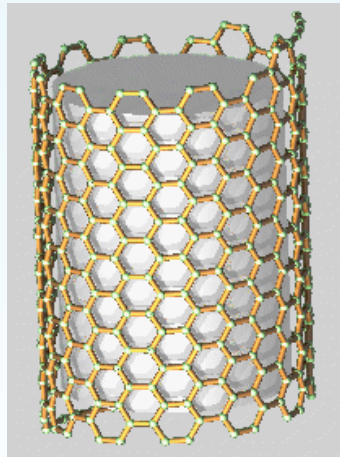


Tipos de nanotubos  
SWNT y MWNT

Proceso de adsorción

# Tipos de nanotubos

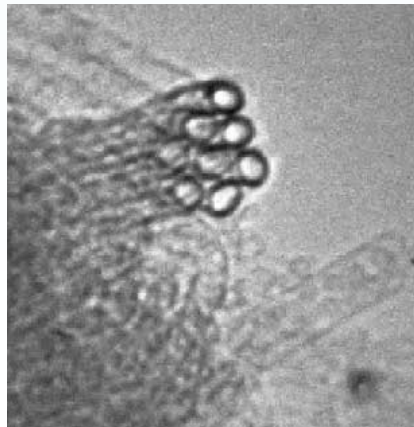
## Single-walled (SWNT)



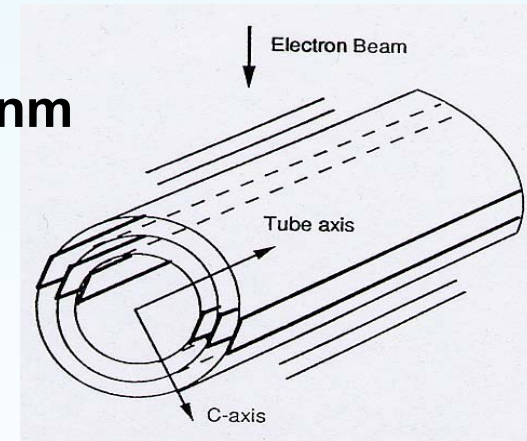
**Diámetro: 1-2 nm**

**Longitud: 1-3  $\mu\text{m}$**

**10-100 tubos paralelos**



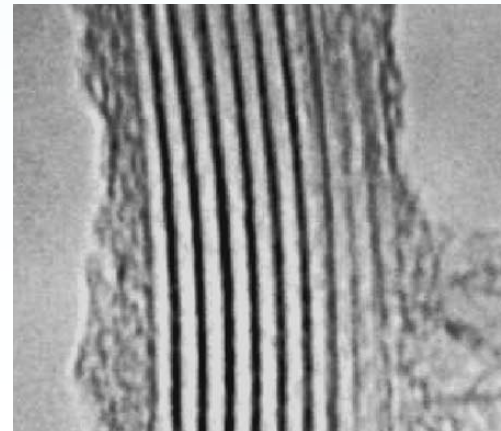
## Multi-walled (MWNT)



**Diámetro: 2-10 nm**

**Longitud: 1  $\mu\text{m}$**

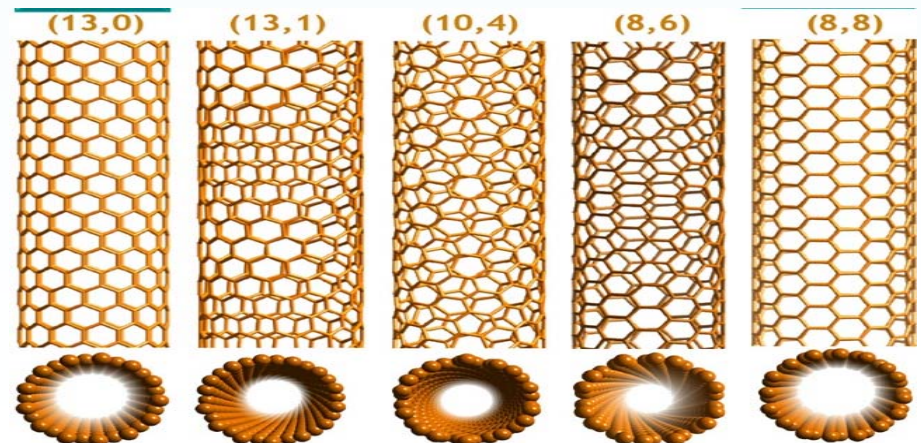
**2-15 tubos coaxiales**



# Adsorción en nanotubos

## Estudios Teóricos. Simulación Monte-Carlo

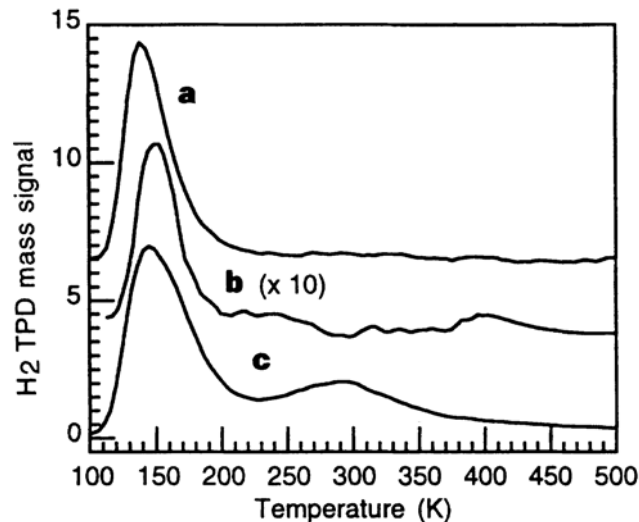
- A 300K los nanotubos abiertos y organizados en hexagonal muestran un alto nivel de adsorción
- La eficiencia de adsorción en SWNT depende del diámetro y la distancia entre nanotubos
- A bajas temperaturas se alcanza un alto grado de adsorción



# Adsorción en nanotubos

## Adsorción experimental

- Diferencia entre la naturaleza y composición de la muestra
- Depende del área específica del nanotubo
- Diferente adsorción a temperatura ambiente que a bajas temperaturas





# Adsorción en nanotubos

## Adsorción experimental

Referencias	Adsorbente	H (wt%)	T (K)	P (MPa)
Darkrimet	SWNT	11	80	10
Wang	SWNT	2	80	10
Yin	SWNT	6.5	300	16
Dillon	SWNT	5–10	300	0.04
Ye	SWNT	8	80	8
Dillon	SWNT	10	300	0.04
Liu	SWNT	4	300	12
Zhu	MWNT	5	300	10
Wu	MWNT	0.25	300	0.1
Chen	Li dopado MWNT	20	200 – 400	0.1
	K dopado MWNT	14	300	0.1
Yang	Li dopado MWNT	2.5	200 – 400	0.1
Pinkerton	K dopado MWNT	1.8	300	0.1

# Conclusiones

---

- **Adsorción de  $H_2$  depende**
  - **Parámetros internos**
  - **Parámetros externos**
- **Viable en laboratorio (muestras pequeñas)**
- **Viabilidad tecnológica: haría falta sintetizar muestras “grandes” con la pureza necesaria.**